

I-121 箱げた橋におけるカバースレートと腹板の連成座屈

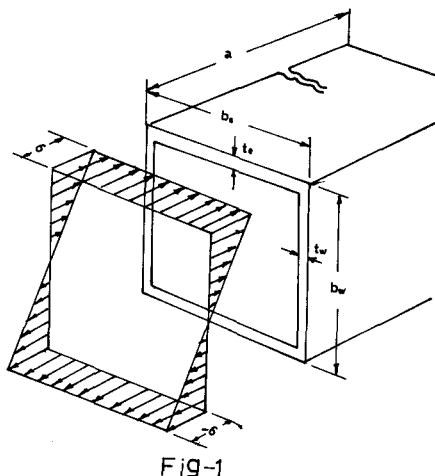
東京都立大学 工 伊藤文人
東京都立大学 学 。 小川雄二郎

1. まえがき

箱げた橋の設計において、現行示方書ではカバースレートと腹板がそれぞれ独立した板要素として、座屈に対する安全性が考えられており、それぞれに異った安全率が適用されている。しかし、実際にはカバースレートと腹板は連続した構造物であり、その相互作用を考慮すると、その仮定が必ずしも安全で合理的なものであるとは限らない。そこでカバースレートと腹板の接合部における連続性を考慮した立体構造物について解析を行い、両者の連成座屈に関する特性を明らかにするために、最も簡単な場合として、純曲げをうける箱型断面部材の弾性座屈について解析を行ったので、その結果について報告する。

2. 解析方法

解析に用いた方法は、有限帯板法(FINIT STRIP METHOD)である。固有値、固有ベクトルはおおの QR double-step 法 GAUSS 消去法を用いた。解析は載荷端を単純支持と仮定し、カバースレートと腹板の接合部における連続条件は、1)変位は生じない。2)変位角は生じるが直角は保持する。要素数については、圧縮側カバースレートを6要素、引張側カバースレートを2要素、腹板をそれぞれ6要素に分割した。断面形状、載荷条件および記号をFig.1に示す。



3. 連成座屈力値に対する板厚比、細長比の影響

各種の座屈力値について、次の記号を導入する。

σ_E : 連成座屈力値

σ_c, σ_w : 圧縮、曲げをうける四辺単純支持板の座屈力値

σ_{cF}, σ_{wF} : 圧縮、曲げをうける非載荷が固定支持されている板の座屈力値

連成座屈力値 σ_E は (σ_w / σ_c) の関数と仮定して、 σ_c, σ_w は次の式で表わされる

$$\sigma_c = K_c \cdot \sigma_{ec} = K_c \frac{E \pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_c}{b_c} \right)^2, \quad \sigma_w = K_w \cdot \sigma_{ew} = K_w \frac{E \pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{b_w} \right)^2$$

$$\sigma_E = f \left(\frac{K_w}{K_c} \cdot \left(\frac{t_w}{t_c} \right)^2 \cdot \left(\frac{b_w}{b_c} \right)^{-2} \right)$$

ここに K_w / K_c は、腹板とカバースレートの座屈係数比であり、細長比 a/b_c 、 a/b_w によるものである。解析はこの三個の変数をパラメータとして、連成座屈値 σ_E を求めた。その結果をFig.2~Fig.4に示す。

縦軸には σ_E / σ_{ec} 、即ちカバースレートの基準座屈力値に対する座屈係数ととり、横軸には細長比 a/b_c をとっている。 t_w / t_c が小さいとき (Fig.2)、曲線は下凹な2つの曲線を連続した形をしている。 b_w / b_c の異なる各々の曲線に対して、左の曲線部は $a/b_w = 1$ において $\sigma_E / \sigma_{ec} = 4.0$ の極小値をもち、右の曲線部は $a/b_c = 2$ において $\sigma_E / \sigma_{ec} = 4$ の極小値をもっている。これはそれぞれ曲げをうける固定支持板の座屈係

数曲線と圧縮をうける単純支持板の座屈係数曲線に一致してゐる。 t_w/t_c が大きいとき (Fig. 4), 左側の, 下に凸な曲線部は $a/b_c = 1.3$ において $\sigma_i/\sigma_{ec} = 6$ で極小値をとり, 右側の曲線部では $a/b_w = 1.35$ で $\sigma_i/\sigma_{ec} = 2.4$ の極小値をとる。これは圧縮をうける固定支持板の座屈係数曲線と曲げをうける単純支持板の座屈係数曲線に一致している。

連成座屈応力値 σ_i は, t_w/t_c が小さい場合, 腹板については固定支持, カバープレートについては単純支持板の座屈応力値に一致し, そして細長比によって両者のうち小さい値で座屈するといえる。 t_w/t_c が大きい場合には逆に, 腹板については単純支持, カバープレートについては固定支持板の座屈応力値に一致する。Fig. 3はFig. 2とFig. 4の過渡的な場合であり, $b_w/b_c = 1.25$ 前後までには曲げに対する座屈係数曲線が圧縮に対する座屈係数曲線を含んでおり, b_w/b_c がそれ以下では逆である。

t_w/t_c の各々の場合について, b_w/b_c の異なる各々の曲線の最低値を σ_w/σ_c について整理した結果が Fig. 5である。この図において ①, ②, ③, ④ の直線は各々, 単純支持板の圧縮, 曲げをうける場合の座屈応力値, 固定支持板の圧縮, 曲げをうける場合の座屈応力値である。 t_w/t_c が小さい場合は直線②-①上にあるものが t_w/t_c が大きくなるにつれ直線①-②上に移行してゐる。

4. 結論

本解析に用いられた有限要素法は, 適用する境界条件によるが, 変位階数を上手に選ぶ事で必要とされる剛性マトリックスを小さくする事が出来, 有効な解析法である。

純曲げをうける箱型断面部材の弾性解析による連成座屈値は, カバープレートおよび腹板が独立した板要素としたときの単純支持の座屈応力値の小さい方の値を下まわる事はなく, また固定支持の座屈応力値の大きい方の値を上まわる事はない。

Fig. 5に示されるように, 現行示方書では腹板の安全率 1.4, カバープレートの安全率 1.7 でその比は 0.83 であるが, t_w/t_c が 0.4 以下であれば, その合理性に問題はなないが, t_w/t_c が 0.4 以上であると $\sigma_w/\sigma_c = 0.8$ で σ_i/σ_c の値は 1 を大きく下まわり, カバープレートは要求される安全率を満足出来なくなる事が明らかである。

今後, 更に補剛材がある場合, 残留応力を考慮して非弾性解析実験により解析, 研究を進めて行く必要がある。

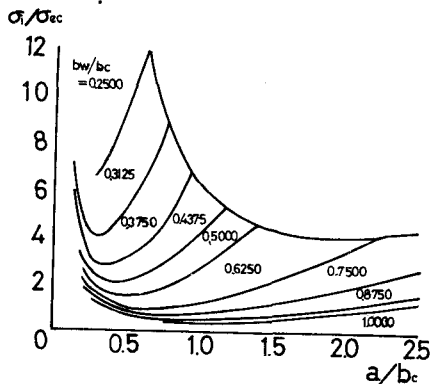


FIG-2

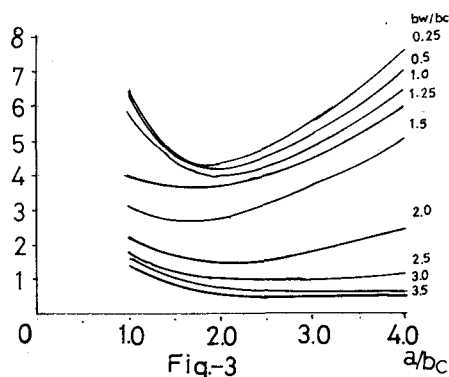


Fig-3

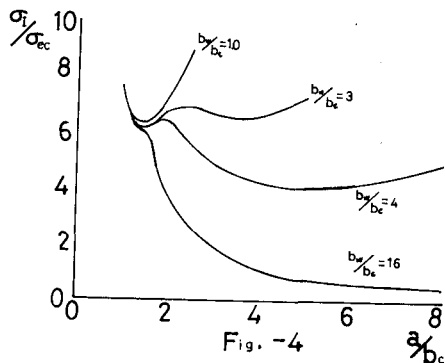


Fig. -4

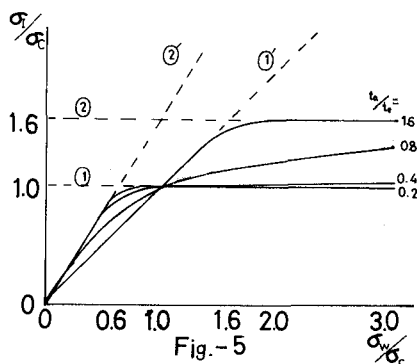


Fig-5